

## Cara pengukuran unjuk kerja alat pengumpul debu

© BSN 1992

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang menyalin atau menggandakan sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun dan dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN

Gd. Manggala Wanabakti

Blok IV, Lt. 3,4,7,10.

Telp. +6221-5747043

Fax. +6221-5747045

Email: [dokinfo@bsn.go.id](mailto:dokinfo@bsn.go.id)

[www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)

Diterbitkan di Jakarta

## DAFTAR ISI

	Halaman
1. RUANG LINGKUP .....	1
2. KETENTUAN UMUM .....	1
3. CARA UJI UNJUK KERJA .....	1





## **CARA PENGUKURAN UNJUK KERJA ALAT PENGUMPUL DEBU**

### **1. RUANG LINGKUP**

Standar ini meliputi ketentuan umum, cara uji unjuk kerja alat pengumpul debu.

### **2. KETENUAN UMUM**

#### **2.1 Parameter yang Diukur**

Parameter yang diperlukan untuk mengukur unjuk kerja alat pengumpul debu.

- 2.1.1 Suhu, tekanan statis gas dan komposisinya di dalam saluran masuk (inlet) dan keluar (oulet) dari alat pengumpul debu.
- 2.1.2 Laju alir gas di dalam saluran masuk dan keluar dari alat pengumpul debu.
- 2.1.3 Pengurangan tekanan alat pengumpul debu.
- 2.1.4 Konsentrasi debu gas dalam saluran masuk dan keluar dari alat pengumpul debu.
- 2.1.5 Laju alir debu dalam saluran masuk dan keluar dari alat pengumpul debu.
- 2.1.6 Efisiensi pengumpulan atau penetrasi alat pengumpul debu.
- 2.1.7 Berat jenis dan ukuran debu dalam saluran masuk dan keluar dari alat pengumpul debu dan debu yang terkumpul.
- 2.1.8 Tahanan listrik, debu dalam saluran masuk dan keluar dari alat pengumpul debu atau debu yang terkumpul.
- 2.1.9 Jumlah perbandingan laju alir air dan cair-gas yang digunakan pada alat pengumpul debu.
- 2.1.10 Kualitas dan kuantitas penyaluran dari alat pengumpul debu.
- 2.1.11 Kebutuhan daya dari alat pengumpul debu.
- 2.1.12 Kebisingan alat pengumpul debu.

#### **2.2 Syarat Umum**

Pengukuran dari setiap bagian pada butir 2.1.1 sampai dengan 2.1.12 harus dilakukan dengan pemilihan waktu, kondisi pengoperasian alat pengumpul debu dan sumber penghasil debu harus stabil.

Untuk pengukuran butir 2.1.1 sampai dengan 2.1.7 harus dilakukan pada waktu yang sama.

Pemilihan lokasi pengukuran sesuai dengan SNI 19 - 1128 - 1989, *Cara Uji Kadar Debu pada Cerobong*. Posisi pengukuran harus dipilih sedekat mungkin dengan alat pengumpul debu tapi tidak mengganggu ketelitian pengukuran dan unjuk kerja alat pengumpul debu.

### **3. CARA UJI UNJUK KERJA**

- 3.1 Cara pengukuran suhu gas, tekanan statis dan komposisi pada saluran masuk



dan keluar dari alat pengumpul debu.

### 3.1.1 Cara pengukuran suhu gas

Pengukuran suhu gas dapat dilakukan dengan termometer atau termokopel pada setiap titik pengukuran dan hasilnya dirata-ratakan.

### 3.1.2 Cara pengukuran tekanan statis

Tekanan statis pada setiap titik pengukuran harus diukur dengan menggunakan tabung pitot, dan hasilnya dirata-ratakan.

Tekanan statis yang dilakukan pada sisi kiri dan kanan dinding saluran selisih pembacaan pengukuran tekanan statis antara kiri dan kanan tidak boleh besar dan harga rata-ratanya dapat digunakan.

### 3.2 Cara pengukuran laju alir gas pada saluran masuk dan keluar dari alat pengumpul debu.

Laju alir gas dapat diukur dengan alat nozzle atau orifice dan dapat dilakukan dengan mengubahnya ke dalam salah satu di bawah ini :

#### 3.2.1 Laju alir gas basah dan kering pada kondisi suhu dan tekanan saluran masuk dan keluar.

#### 3.2.2 Laju alir gas basah dan kering pada kondisi standar (0 °C , 76 cm Hg)

#### 3.2.3 Laju alir gas basah dan kering pada kondisi yang ditentukan.

### 3.3 Cara mengevaluasi penurunan tekanan pada alat pengumpul debu.

Penurunan tekanan dapat dihitung dengan rumus :

$$\Delta P = \bar{P}_{ti} - P_{to} + pH$$

$$P_{ti} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{to} V_i}{\sum_{i=1}^n V_i}$$

$$\bar{P}_{to} = \frac{P_{to} V_{o1} + P_{ton} V_{oi} + \dots + P_{ton} V_{on}}{V_{o1} + V_{o2} + \dots + V_{on}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{to} V_o}{\sum_{i=1}^n V_o}$$

$$pH = (\rho_a - \rho) gH.$$

Dimana :

$\Delta P$  = penurunan tekanan (mm H<sub>2</sub>O).

$P_i$  = jumlah tekanan gas yaitu  $P_i = p + P_d$   
( $p$  = tekanan statis,  $p_d$  = tekanan dinamis).

Jika massa/volume gas =  $\rho$  (kg/m<sup>3</sup>), kecepatan gas  $V$  (m/sekon), maka

$$p_d = \frac{\rho}{2} V^2$$



$P_i$  = tekanan total rata-rata pada pipa (mm H<sub>2</sub>O)  
i = masuk; o = keluar.

$P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{in}$  = tekanan total gas dari setiap titik pengukuran pada saluran (mm H<sub>2</sub>O).

$V_1, V_2, \dots, V_n$  = kecepatan gas pada setiap titik pengukuran pada saluran (m/sekon) i = masuk; o = keluar.

pH = harga koreksi daya apung gas suhu tinggi (mm H<sub>2</sub>O).

$\rho_a$  = massa/volume udara (kg/m<sup>3</sup>)

g = percepatan gravitasi (m/sekon<sup>2</sup>).

H = perbedaan ketinggian tempat pengukuran saluran masuk dan keluar (m).

Perbedaan tekanan total rata-rata dari saluran masuk dan keluar, perbedaan tekanan statis harganya dapat dikoreksi dengan perbedaan tekanan dinamis antara penampang melintang saluran masuk dan keluar, dengan menggunakan rumus :

$$P_{ii} - P_{io} = P_i - P_o + \frac{\rho}{2} V_i^2 \left( 1 - \left( \frac{A_i}{A_o} \right)^2 \right)$$

Dimana :

$P_i, P_o$  = tekanan statis rata-rata dari pipa masuk dan keluar (mm H<sub>2</sub>O).

$A_i, A_o$  = luas penampang melintang saluran masuk dan keluar.

$\rho$  = harga rata-rata dari massa/volume gas pada lubang masuk dan keluar (kg/m<sup>3</sup>).

### 3.4 Cara pengukuran kadar debu gas pada saluran masuk dan keluar

#### 3.4.1 Cara pengukuran

Pengukuran kadar debu sesuai dengan SII 19 - 1128 - 1989.

#### 3.4.2 Kadar debu dapat dinyatakan sebagai berikut :

3.4.2.1 Massa dari partikel-partikel debu yang terdapat dalam 1 m<sup>3</sup> gas basah pada saluran masuk dan keluar.

3.4.2.2 Massa dari partikel-partikel debu yang terdapat dalam 1 m<sup>3</sup> gas kering pada saluran masuk dan keluar.

3.4.2.3 Massa dari partikel-partikel debu yang terdapat dalam 1 m<sup>3</sup> gas basah pada kondisi standar (0°, 76 cm Hg).

3.4.2.4 Massa dari partikel-partikel debu yang terdapat dalam 1 m<sup>3</sup> gas kering pada kondisi standar (0°, 76 cm Hg).

### 3.5 Cara mengevaluasi laju alir debu pada saluran masuk dan keluar dari alat pengumpul debu sesuai dengan SNI 19 - 1128 - 1989.

### 3.6 Cara pengukuran dan evaluasi efisiensi pengumpulan atau penetrasi dari pengumpulan debu.

#### 3.6.1 Cara evaluasi efisiensi pengumpulan dan penetrasi

Cara ini harus ditentukan dari data laju alir debu, konsentrasi debu, laju alir



gas saluran masuk dan keluar dari alat pengambil debu atau banyaknya debu yang terkumpul per menit waktu dengan alat pengumpul debu. Dapat dihitung dari salah satu rumus di bawah ini

- 3.6.1.1 Cara perolehan dari laju alir debu pada saluran masuk dan keluar dari alat pengumpul debu.

$$\eta = \left( 1 - \frac{S_o}{S_i} \right) \times 100\%$$

$$\eta = \left( 1 - \frac{C_o Q_o}{C_i Q_i} \right) \times 100\%$$

$$\eta = \left( 1 - \frac{C_{oN} Q'_{on}}{C_{iN} Q'_{iN}} \right) \times 100\%$$

Jika  $Q_i = Q_o$

$$\eta = \left( 1 - \frac{C_o}{C_i} \right) \times 100\%$$

$$\eta = \left( 1 - \frac{C_{oN}}{C_{iN}} \right) \times 100\%$$

- 3.6.1.2 Cara perolehan dari laju alir debu pada saluran masuk dan massa debu yang terkumpul per waktu dengan alat pengumpul debu.

$$\eta = \frac{S_c}{S_i} \times 100\%$$

- 3.6.1.3 Cara perolehan dari laju alir debu pada saluran keluar dan massa debu yang terkumpul per waktu dengan alat pengumpul debu.

$$\eta = \frac{S_c}{S_c + S_o} \times 100\%$$

- 3.6.1.4 Penetrasi alat pengumpul debu dapat ditentukan dari rumus :

$$P = 100 - \eta = \frac{S_c}{S_i} \times 100\%$$

Dimana :

$\eta$  = efisiensi pengumpulan (%).

$S$  = laju alir debu di dalam saluran (kg/jam).

$C$  = konsentrasi debu dalam gas yang terdapat pada saluran (g/m<sup>3</sup>).

$C_N$  = konsentrasi debu didalam gas kering yang volumenya diubah menjadi kondisi standar di dalam pipa (g/m<sup>3</sup>)\*.



- $Q$  = laju alir gas pada kondisi pipa ( $m^3/jam$ ).  
 $Q'_N$  = laju alir gas kering yang volumenya diubah menjadi kondisi standar pada pipa ( $m^3/jam$ )  
 $S_c$  = massa debu yang terkumpul/waktu didalam alat pengumpul debu ( $kg/jam$ )  
 $P$  = penetrasi dari alat pengumpul debu (%).  
 $i$  = pipa masuk  
 $o$  = pipa keluar  
 $*$  = volume pada kondisi normal ( $0^\circ C$ ,  $760$  mm Hg).

3.6.2 Cara pengukuran massa debu yang terkumpul per waktu dengan alat pengumpul debu, dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$S_c = \frac{M_c}{t}$$

Dimana :

- $S_c$  = massa debu yang terkumpul per waktu dengan alat pengumpul debu ( $kg/jam$ ).  
 $M_c$  = massa debu yang terkumpul oleh alat pengumpul debu ( $kg$ )  
 $t$  = waktu pengoperasian ( $jam$ ).

3.6.2.1 Effisiensi pengumpulan parsial ditentukan dari massa dan ukuran partikel debu yang diambil dalam saluran masuk dan keluar dari alat pengumpul debu atau yang terkumpul dan alat pengumpul debu pada waktu yang sama, dapat dihitung dari salah satu rumus dibawah ini :

1) Cara perolehan dari massa dan ukuran partikel debu yang diambil dari saluran masuk dan keluar dari alat pengumpul debu.

$$\eta_x = \left(1 - \frac{M_{ox}}{M_{ix}}\right) \times 100$$

$$M_{ox} = f_o \cdot \Delta x \cdot M_o; \quad M_{ix} = f_i \cdot \Delta x \cdot M_i \quad \text{dan} \quad \frac{M_o}{M_i} = (100 - \eta)$$

$$\eta_x = 100 - \frac{f_o}{f_i} (100 - \eta)$$

$$\eta_x = 100 - \frac{\partial R_o / x}{\partial R_i / x} (100 - \eta)$$

2) Cara perolehan dari massa dan ukuran partikel debu yang diambil dari saluran masuk dari alat pengumpul debu.

$$\eta_x = \frac{M_{cx}}{M_{ix}} \times 100\%$$

$$M_{cx} = f_c \cdot \Delta x \cdot M_c; \quad M_{ix} = f_i \cdot \Delta x \cdot M_i \quad \text{dan} \quad \frac{M_o}{M_i} = \eta$$

$$\eta_x = \frac{f_o}{f_i} \eta$$

$$\eta_x = \frac{\partial R_c / x}{\partial R / x} \eta$$

- 3) Cara perolehan dari massa dan ukuran partikel debu yang diambil dari saluran keluar dari alat pengumpul debu.

$$\eta_x = \frac{M_{cx}}{M_{cx} + M_{ox}} \times 100 = \frac{1}{1 + M_{cx}/M_{ox}} \times 100\%$$

$$\eta_x = \frac{1}{1 + \frac{f_o}{f_c} \left( \frac{1 - \eta}{\eta} \right)} \times 100\%$$

$$\eta_x = \frac{1}{1 + \frac{\partial R_o / \partial x}{\partial R_c / \partial x} \left( \frac{1 - \eta}{\eta} \right)} \times 100\%$$

Penetrasi partikel dapat diperoleh dari rumus :

$$Px = 100 - \eta_x$$

Dimana :

$\eta_x$  = efisiensi pengumpulan partikel adalah efisiensi pengumpulan untuk debu dalam rangka x yang dinyatakan oleh ukuran partikel x(%).

$M_x$  = massa debu yang dinyatakan oleh ukuran partikel x, dari debu yang diambil dalam saluran masuk dan keluar dan debu yang terkumpul, oleh alat pengumpul debu (kg).

$f$  = frekuensi massa debu yang dinyatakan oleh ukuran partikel x (%/ $\mu\text{m}$ )

$P_x$  = penetrasi partial adalah perbandingan debu yang tidak terkumpul dalam alat pengumpul debu terhadap debu yang lolos, dinyatakan sebagai ukuran partikel x (%).

$R$  = perbandingan massa debu yang dinyatakan sebagai perbandingan ukuran partikel x terhadap partikel yang besar (%).

### 3.6.2.2 Hubungan antara efisiensi pengumpulan dan efisiensi pengumpulan partikel



dapat diperoleh dari salah satu rumus dibawah ini:

$$1) \eta = \frac{M_c}{M_i} \times 100 = \frac{M_{c1} + M_{c2} \dots + M_{cn}}{M_i} \times 100 \%$$

$$= \eta_1 \left( \frac{M_{i1}}{M_i} \right) + \eta_2 \left( \frac{M_{i2}}{M_i} \right) + \dots + \eta_n \left( \frac{M_{in}}{M_i} \right)$$

Dimana :

$M_{cn}$  = massa debu yang terkumpul pada setiap range  $\Delta x$  ukuran partikel (kg)

$\eta_n$  = efisiensi pengumpulan partial untuk debu di dalam setiap range  $\Delta x$  ukuran partikel (%)

$M_i$  = massa debu yang diambil dalam saluran masuk (kg).

$$2) \eta_n = \frac{x_{max}}{x_{min}} \eta \cdot f_{ix} \cdot \Delta x$$

$f_{ix}$  = frekuensi massa ukuran partikel  $x$  dari debu yang masuk (%/ $\mu m$ );

$$f_{ix} = \frac{M_{ix}/M_i}{\Delta x}$$

$\Delta x$  = perbedaan antara setiap range dan setiap titik pembagi  $x_1, x_2, \dots, x_n$  yang diperoleh dari pembagian range ukuran partikel dari debu yang masuk ke dalam  $n$  bagian ( $\mu m$ ).

### 3.6.3 Cara pengukuran "specific gravity" ukuran partikel debu dan tahanan listrik dalam alat pengumpul debu.

#### 3.6.3.1 Pengukuran "specific gravity" debu

Berat jenis debu dapat ditentukan dengan alat piknometer tipe perbandingan udara.

#### 3.6.3.2 Cara pengukuran partikel debu

Ukuran partikel debu dapat ditentukan dengan saringan, mikroskop dinyatakan pada basis massa.

#### 3.6.3.3 Cara pengukuran tahanan listrik debu

Dapat diukur dengan menggunakan cara elektroda disk paralel, elektroda needle-disk, elektroda coaxial-cylinder dan elektroda pectinated atau sejenisnya.

### 3.6.4 Cara pengukuran air yang digunakan dan saluran air pada alat pengumpul debu.

Catatan :

Jika seluruh range untuk ukuran partikel  $x$  dibagi menjadi  $n$  bagian,  $x_1, x_2, \dots, x_n$ .



Setiap perbedaan range ini disebut x.

Ukuran partikel minimum disebut  $x_{\min}$  dan yang maksimum disebut  $x_{\max}$ .

- 3.6.4.1 Cara pengukuran banyaknya air yang digunakan dan saluran air  
Banyaknya air yang digunakan dan saluran air dapat diukur dengan pengatur kecepatan tipe apung, pengatur kecepatan throttling dan pengatur kecepatan tipe tabung Venturi atau Weir.

- 3.6.4.2 Cara perhitungan perbandingan laju alir cair-gas, dapat dihitung dengan rumus :

$$L = q_w/Q_i$$

Dimana :

L = perbandingan laju alir cair-gas ( $l/m^3$ )

$q_w$  = laju alir scrubbing water ( $l/jam$ ).

$Q_i$  = laju alir gas basah pada saluran masuk dari alat pengambil debu ( $m^3/jam$ ).

- 3.6.4.3 Penentuan kualitas air  
Penentuan dari saluran pembuangan air harus sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

- 3.6.5 Cara pengukuran kebutuhan daya dari alat pengumpul debu.

- 3.6.5.1 Kebutuhan daya akibat penurunan tekanan, dapat diperoleh dari rumus :

$$P = 2,73 \times 10^{-6} \Delta p Q$$

Dimana :

P = kebutuhan daya (kW)

$\Delta p$  = penurunan tekanan pada alat pengumpul debu (mm  $H_2O$ ).

$Q_i$  = laju alir gas pada saluran masuk dari alat pengumpul debu ( $m^3/jam$ ).

- 3.6.5.2 Kebutuhan daya  
Kebutuhan daya dari alat pengumpul debu adalah daya yang dibutuhkan oleh motor untuk pemutar, motor untuk peralatan alat bantu yang diukur dengan wattmeter dan dinyatakan sebagai kebutuhan tenaga/jam.

- 3.6.5.3 Kebutuhan energi lainnya  
Kebutuhan energi yang lain seperti daya yang diperlukan untuk kompressor dan penghasil uap, kebutuhan air untuk AC dan pendingin gas masuk harus diukur dengan cara yang sesuai.

- 3.6.6 Cara pengukuran kebisingan yang dihasilkan oleh alat pengumpul debu  
Kebisingan yang dihasilkan oleh alat pengumpul debu dapat diukur dengan alat ukur bunyi.

- 3.6.7 Jumlah pengulangan pengukuran selama uji unjuk kerja  
Jumlah masing-masing pengukuran harus dilakukan 2 kali atau lebih.



### 3.6.8 Kesalahan pengukuran konsentrasi debu dan efisiensi pengumpulan.

#### 3.6.8.1 Kesalahan pengukuran keseluruhan konsentrasi debu, dapat diperoleh dengan rumus :

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \sigma_4^2}$$

Dimana :

$\sigma_1$  = kesalahan laju alir dan konsentrasi debu pada pipa, waktunya dan ruangnya.

$\sigma_2$  = kesalahan pengukuran laju alir pengambilan gas

$\sigma_3$  = kesalahan pengukuran karena pengambilan contoh anisokinetik.

$\sigma_4$  = kesalahan pengukuran debu kering yang terkumpul dan beratnya.

#### 3.6.8.2 Kesalahan pengukuran dari efisiensi pengumpulan dapat diperoleh dari rumus :

$$\eta + \Delta\eta = 1 - \frac{C_{on} (1 - \sigma_o)}{C_{in} (1 + \sigma_i)}$$

$$\eta - \Delta\eta = 1 - \frac{C_{on} (1 + \sigma_o)}{C_{in} (1 - \sigma_i)}$$







**BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN**  
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3,4,7,10  
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270  
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : [bsn@bsn.go.id](mailto:bsn@bsn.go.id)